

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



10/728,384
12-89-3



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

(12) Übersetzung der
europäischen Patentschrift

(97) EP 1 007 993 B 1

(10) DE 698 02 293 T 2

(51) Int. Cl.⁷:
G 02 B 3/10
G 02 B 6/42
H 01 L 33/00

(30) Unionspriorität:
9703156 15. 02. 1997 GB

(73) Patentinhaber:
University of Strathclyde, Glasgow,
Schottland/Scotland, GB

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragstaaten:
DE, FR, GB

(12) Erfinder:
GIRKIN, Michael, John, Dunbartonshire G84 9DQ,
GB; DAWSON, David, Martin, Glasgow G12 0SD,
GB

(54) Leuchtdiode mit einem einzelnen Quantentopf und einem optischen Element

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 698 02 293 T 2

DE 698 02 293 T 2

10.12.01

- 1 -

EP 1007993

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kombination eines einzelnen optischen Elements mit einem bestimmten Typ eines Aufbaus einer Leuchtdiode (Lichtemissionsdiode, LED).

Ein typischer Aufbau eines spezifischen Typs einer LED ist in Fig. 1a gezeigt. Das Lichtemissionsmaterial ist in einem schalen-förmigen Reflektor aufgenommen. Das Licht, das von einer 5 derartigen LED emittiert wird, weist zwei räumliche Komponenten auf, wie in Fig. 1b gezeigt, wobei sich eine der Komponenten (die zentrale Komponente, die mit L1 bezeichnet ist) aus einer direkten Emission von der oberen Stirnfläche der LED ergibt und wobei sich die andere (die Komponente um den Umfang herum, der mit L2 bezeichnet ist) von den Seiten der LED ergibt und durch den schalen-förmigen Reflektor reflektiert wird. Die beiden Komponenten werden durch ein Gebiet mit im wesentlichen keiner Emission 10 (mit D1 bezeichnet) getrennt und, obwohl sie als kreisförmig dargestellt sind, müssen sie nicht kreisförmig sein. Das Licht L1, das von der oberen Stirnfläche der LED emittiert wird, umfasst typischerweise nur ungefähr 20% der gesamten Lichtausgabe.

Der Effekt, eine direkte Emission von der oberen Oberfläche der LED und eine indirekte (reflektierte) Emission von den Seiten der LED zu haben, ist dass die Einrichtung so erscheint, als ob sie 15 zwei Lichtquellen S1, S2 aufweist, wie in Fig. 1c gezeigt. Eine Quelle (S1) ist für die direkte Emission L1 von der oberen Oberfläche; die zweite Quelle (S2) ist für die indirekte Emission L2 und erscheint so, als ob sie hinter der LED-Einrichtung ist. Somit ist die zweite Quelle (s2) eine virtuelle Quelle.

Das Lichtmuster aus der direkten Emission L1 ist ein schmaler Lichtstrahl; wohingegen das Lichtmuster von der indirekten Emission L2 ein ringförmiger Strahl ist, der die direkte Emission umgibt 20 und davon beabstandet ist. Die Lichtemission von dem Typ des LED-Aufbaus, der in Fig. 1 gezeigt ist, weist eine höchst divergente Komponente (die indirekte Emission) L2 auf und ist räumlich inhomogen. Somit ist es schwierig, diesen Typ von LED als eine effektive optische Quelle eines kollimierten 25 (gesammelten) oder fokussierten Lichts zu verwenden. Es lässt sich auch erkennen, dass bestimmte Formen von herkömmlichen Lampenquellen ähnliche Charakteristiken mit einer räumlichen inhomogenen Emission zeigen.

Die DE 4305585 A zeigt eine Leuchtdiode, die mit einem optischen Element kombiniert ist.

Es ist eine Aufgabe dieser Erfindung, den obigen Nachteil zu umgehen oder zu lindern.

Die allgemeine Lösung für das obige Problem besteht darin, in Kombination mit einer LED, die ein Lichtemissionsmaterial aufweist, das in einem schalen-förmigen Reflektor untergebracht ist, wobei das 30 Lichtemissionsmaterial einen einzelnen Quantumtopf-Emissionsbereich aufweist, ein einzelnes optisches Element zu verwenden, welches zwei optische Brechkräfte aufweist, wobei eine der optischen Brechkräfte verwendet wird, um eine Komponente der LED-Komponente zu fokussieren oder kollimieren und wobei die andere optische Brechkraft verwendet wird, um die andere Komponente der LED-Emission zu fokussieren oder kollimieren; somit können die zwei räumlichen Komponenten der LED-Emission auf 35 einen gemeinsamen Brennpunkt (Fokus) kollimiert oder gebracht werden.

Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass sie ermöglicht, dass ein wesentlicher Teil des von einer derartigen LED emittierten Lichts auf ein anderes optisches Element hin (z.B. einen Wellenleiter wie eine optische Faser, die das Strahlprofil homogenisieren würde, oder einen Kombinierer)

10.12.01

- 2 -

EP 1007993

fokussiert oder kollimiert wird, was diesen Typ von LED oder andere Quelle eine zweckdienliche Lichtquelle für viele optische Anwendungen macht, die vorher Laserquellen verwendet haben.

Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein einzelnes optisches Element vorgesehen, das einen ersten Teil mit einer ersten optischen Brechkraft und einen zweiten Teil mit einer zweiten optischen Brechkraft umfasst, wobei der zweite Teil um den Umfang des ersten Teils herum angeordnet ist.

Es lässt sich erkennen, dass das einzelne optische Element mit einer optischen Quelle wie der voranstehend beschriebenen LED, die sowohl einen schmalen Lichtstrahl als auch einen ringförmigen Lichtstrahl erzeugt, verwendet werden soll und einer der Teile verwendet wird, um den schmalen Lichtstrahl zu fokussieren oder kollimieren und der andere Teil verwendet wird, um den ringförmigen Lichtstrahl zu fokussieren oder kollimieren, wobei die ersten und zweiten optischen Brechkräfte so gewählt sind, dass sichergestellt wird, dass der schmale Lichtstrahl und der ringförmige Lichtstrahl auf einen gemeinsamen Fokus gebracht werden oder kollimiert werden.

Der erste Teil ist eine Brechungslinse. Der zweite Teil ist eine Beugungslinse. Es wird auch bevorzugt, dass das einzelne optische Element durch einen Spritzguss hergestellt wird.

Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein optisches System vorgesehen, umfassend wenigstens zwei optische Elemente in Übereinstimmung mit dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung und angeordnet, um kollimierte Strahlen zu erzeugen, wobei jedes einzelne optische Element zu einer LED wie voranstehend beschrieben an seinem Eingang gehört, einen Kombinierer zum Kombinieren des Ausgangs jedes optischen Elements und eine Ausgangslinse, die zum Fokussieren des Kombiniererausgangs auf einen gemeinsamen Brennpunkt (Fokus) angeordnet ist.

Vorzugsweise emittiert jede LED (oder andere Quellen) Licht mit einer unterschiedlichen Farbe.

Es lässt sich ersehen, dass durch Verändern der Emissionsintensität jeder der farbigen LEDs die Farbe, die an dem Ausgang des Kombinierers erzeugt wird, verändert werden kann, so dass eine spezifische spektrale Ausgangscharakteristik erzeugt werden kann. Alternativ können die unterschiedlich farbigen LEDs wiederum zur Verwendung als Teil eines Scan-Systems geschaltet werden.

Diese und andere Aspekte der vorliegenden Erfindung ergeben sich näher aus der folgenden Beschreibung in Kombination mit den beiliegenden Zeichnungen. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1a eine Querschnittsansicht eines bekannten spezifischen Typs einer LED-Einrichtung;
30 Fig. 1b eine diagrammatische Ansicht der zwei Komponenten einer Lichtemission von einer LED der Fig. 1a;

Fig. 1c eine Querschnittsansicht der LED-Einrichtung der Fig. 1a, wobei die Quelle (s1) der direkten Emission und die Scheinquelle (s2) der indirekten Emission gezeigt sind;

Fig. 2a eine Vorderansicht eines einzelnen optischen Elements mit zwei Teilen in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2b schematische Seitenansicht des einzelnen optischen Elements der Fig. 2a;

10.12.01

- 3 -

EP 1007993

Fig. 3 das optische Element der Fig. 2, wobei die Lichtemission von einer LED auf eine optische Phase fokussiert ist, in Übereinstimmung mit einem Aspekt der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 4 ein optisches System zum Kombinieren der Ausgänge von 2 LEDs unter Verwendung des optischen Elements von Fig. 2 in Übereinstimmung mit einem anderen Aspekt der Erfindung.

5 Fig. 1a erzeugt den spezifischen Typ eines LED-Aufbaus, der in Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet wird und der bestimmte andere Formen von Lampenquellen darstellt. Ein Beispiel des spezifischen Typs von LED-Aufbau, der in Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet wird, ist die Galliumnitrit oder GaN LED, die von Nichia Chemical Company erhältlich ist. Diese Art von LED weist einen Emissionsbereich mit einem einzelnen Quantumtopf auf und
10 sie emittiert Licht mit einer schmalen Bandbreite (z.B. 10 nm spektraler Linienbreite) und einer hohen Leistung (z.B. mehrere Milliwatt). Fig. 1b zeigt die zwei Komponenten einer Lichtemission (L1 und L2), die für den spezifischen Typ von LED-Aufbau, der in Fig. 1a gezeigt ist, charakteristisch sind. Fig. 1c zeigt die Quelle S1 und die Scheinquelle S2, die die zwei Komponenten der Lichtemission der Fig. 1b hervorrufen.

15 Unter Bezugnahme auf die Fig. 2a und 2b, die zwei Ansichten eines einzelnen optischen Elements zeigen, ist das optische Element eine Dualbrennweitenlinse 10, die zwei integrierte Teile aufweist. Ein erster Teil 12 ist allgemein kreisförmig und ist an der Mitte der Linse 10 angeordnet, wobei der zweite Teil 14 kreisförmig ist und um den Umfang des ersten Teils 12 herum angeordnet ist.

Der erste Teil 12 ist vorzugsweise eine Brechungslinse, die eine unterschiedlich Brechkraft zu dem
20 zweiten Teil 14 aufweist, der vorzugsweise eine Beugungslinse ist. Die optische Brechkraft der Brechungslinse (die erste optische Brechkraft) und die optische Brechkraft der Beugungslinse 14 (die zweite optische Brechkraft) werden so gewählt, dass sie der Lichtquelle angepasst sind, mit der die Linse 10 verwendet werden soll, die unter Bezugnahme auf Fig. 3 beschrieben wird.

Fig. 3 zeigt die Linse 10, die die Lichtemission von einer LED 20 in eine optische Faser 22
25 fokussiert, in Übereinstimmung mit einem Aspekt der Erfindung. Um eine maximale Kopplung des Lichts von der LED 20 in die optische Faser 22 hinein zu erreichen, sollte sowohl die Fleckgröße als auch der Winkel (numerische Apertur) des Ausgangs von der Linse 10 (der Linsenausgang 24) der Apertur der optischen Faser 22 angepasst sein. Nur die numerische Apertur muss in dieser Ausführungsform angepasst werden, weil typischerweise die Fleckgröße kleiner als die Apertur der Faser 22 ist (und natürlich das
30 Produkt der numerischen Apertur und der Fleckgrösse invariant ist).

Die erforderliche Linsenvergrößerung (RLM) gleicht der numerischen Apertur (NA) der LED geteilt die numerische Apertur (NA) der optischen Fasern, gegeben durch die Gleichung 1:

$$RLM = \frac{\text{LED NA}}{\text{Faser NA}} \quad (1)$$

und die erforderliche Brennweite ist mit der Gleichung 2 gegeben:

35
$$\text{Brennweite} = \frac{RLM * (\text{Objektsabstand} + \text{Bildabstand})}{(RLM + 1)^2} \quad (2)$$

10-12-01

- 4 -

EP 1007993

Eine Anwendung der Gleichungen 1 und 2 auf die Ausführungsform der Fig. 3 ergibt die Gleichungen 3 und 4 für den direkten Lichtfall (d.h. Licht (L7), das von der oberen Stirnfläche der LED 20 emittiert wird)

$$RLM1 = \frac{NA_{LED}}{NA_{FASER}} \quad (3)$$

5

$$\text{Brennweite } 1 = \frac{RLM1 * (d_1 + d_3)}{(RLM1 + l)^2} \quad (4)$$

Eine Anwendung der Gleichung 1 und 2 auf die Ausführungsform der Fig. 3 ergibt die Gleichungen 5 und 6 für den indirekten Lichtfall (d.h. Licht (l2) , das von den Seiten der LED dann dem Reflektor emittiert wird):

$$10 \quad RLM2 = \frac{NA_{LED2}}{NA_{FASER}} \quad (5)$$

$$\text{Brennweite } 2 = \frac{RLM2 * (d_1 + x_{LED} + x_{IND} + d_3)}{(RLM2 + l)^2} \quad (6)$$

Typische Werte für die Parameter in Gleichung 1-6 sind in der Tabelle 1 für eine GaN LED gegeben. Unter Verwendung der Gleichungen 3-6 mit Werten des gewünschten Abstands von der LED 20 zu der Linse 10 und des gewünschten Abstands von der Linse 10 zu der optischen Faser 22 können die erforderlichen Werte der ersten optischen Brechkraft und der zweiten optischen Brechkraft berechnet werden. Optische Brechkraft ist natürlich der Kehrwert der Brennweite.

Fig. 4 zeigt ein optisches System zum Kombinieren der Ausgänge von 2 LEDs in Übereinstimmung mit einem anderen Aspekt der Erfindung. Das System 30 weist eine erste LED 20a mit einer entsprechenden ersten Linse 10a und eine zweite LED 20b mit einer entsprechenden Linse 10b auf.
 20 Der Ausgang der ersten Linse (der erste Linsenausgang 24a) und der Ausgang der zweiten Linse (der zweite Linsenausgang 24b) sind beide kollimierte Strahlen. Diese kollimierten Strahlen werden einem Kombinierer 40 eingegeben, der den zweiten Linsenausgang 24b transmittiert und den ersten Linsenausgang 24a reflektiert, um einen kollimierten Ausgang 42 zu erzeugen, der an eine Ausgangslinse 10c geliefert wird,
 25 vorzugsweise eine achromatische Linse, die zum Fokussieren der kombinierten Linsenausgänge 42 in die optische Faser 22 hinein angeordnet ist. Die Linse 10c kann ein einzelnes oder ein Mehrfach-Element sein und ist eine Linse mit einer einzelnen Brennweite. Zusätzliche Linsen können z.B. in dem Pfad des ersten Linsenausgangs 24a oder in dem Pfad des zweiten Linsenausgangs 24b eingebaut werden. Somit können Beugungsgitter oder dichroitische Spiegel verwendet werden, um die Emission von mehreren LEDs zu
 30 kombinieren.

Die zwei LEDs (20a, 20b) emittieren Licht bei unterschiedlichen Wellenlängen, z.B. emittiert die erste LED 20a vorzugsweise rotes Licht und die zweite LED 20b emittiert vorzugsweise blaues Licht, so dass durch Verändern der Emissionsintensität der LEDs 20a und 20b (durch einzelne Steuereinrichtungen, die nicht gezeigt sind) die an dem Ausgang des Kombinierers 40 erzeugte Farbe verändert werden kann.

10-12-01

Verschiedene Änderungen können an den voranstehend beschriebenen Ausführungsformen innerhalb der vorliegenden Erfindung durchgeführt werden. Zum Beispiel muss der erste Teil 12 in der Linse 10 nicht kreisförmig sein und er kann elliptisch sein oder irgendeine andere Form aufweisen. Dies wird nicht benötigt, wenn die LED 20 einen schmalen Strahl emittiert, der elliptisch ist oder irgendeine 5 andere Form aufweist. In ähnlicher Weise muss der zweite Teil 14 entlang seines äußeren Umfangs nicht kreisförmig sein und er kann irgendeine andere Form aufweisen, um zum Beispiel in einen bestimmten Linsenhalter zu passen.

In anderen Ausführungsformen des optischen Systems 30 können mehr als zwei LEDs verwendet werden. Zum Beispiel kann auch eine grüne LED verwendet werden, so dass rote, grüne und blaue LEDs 10 vorhanden sind, die die primären Farben sind, und das System kann eine Einrichtung zum Einstellen der Emissionsintensität jeder LEDs umfassen, um einen kollimierten Ausgang 43 mit steuerbaren Spektralcharakteristiken zu erzeugen. Somit kann eine spezifische Spektralausgangscharakteristik durch Einstellen der Emissionsintensität jeder LED gewählt werden. Dies kann durch Erhöhen oder Verkleinern 15 der Ansteuerspannung oder des Ansteuerstroms jeder einzelnen LED erreicht werden, um die Emission von dieser LED mehr oder weniger intensiv zu machen. In anderen Ausführungsformen des optischen Systems 30 können die zwei LEDs ein rotes und ein blaues Licht nicht emittieren und sie können Licht mit anderen Wellenlängen (einschließlich infrarotes Licht) emittieren.

In anderen Ausführungsformen der Erfindung wird ein Feld von LEDs, wobei jede blaues Licht emittiert, verwendet, um ein dentales Verbundmaterial auszuhärten. Ein holographisches Diffusionsmaterial 20 kann in Kombination mit der Linse 10 verwendet werden, um eine homogene Lichtverteilung zu erzeugen, die eine gleichmäßige Aushärtung des dentalen Verbundmaterials bereitstellt.

In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann ein Feld von farbigen LEDs für Anwendungen wie eine biomedizinische Abbildung, eine Zytologie, eine zeitauf lösende Fluoreszenz und Mikroskopieanwendungen wie ein Fluoreszenzmikroskop verwendet werden.

25

TABELLE 1

NA _{LED}	0,12 (NA der direkten LED)
DIA _{LED}	0,23 mm (Durchmesser der direkten LED)
NA _{FASER}	0,37 (typische Faser-NA)
DIA _{FASER}	0,50 mm (typischer Faserdurchmesser)
NA _{LED2}	0,20 (NA der indirekten LED)
DIA _{LED2}	0,30 mm (Durchmesser der indirekten LED)
X _{LED}	12 mm (LED zum Fokussieren des Ausgangs)
X _{IND}	13 mm (Emissionspunkt hinter der LED)

10.12.01

PATENTANSPRÜCHE

1. Kombination einer LED und eines einzelnen optischen Elements, wobei die LED ein Lichtemissionsmaterial umfasst, das in einem Schalen-förmigen Reflektor untergebracht ist, wobei das Lichtemissionsmaterial einen einzelnen Quantentopf-Emissionsbereich aufweist, sodass das von der LED emittierte Licht eine sich von einer direkten Emission von der oberen Stirnfläche der LED ergebende erste räumliche Komponente, die ein schmaler Strahl (L1) ist, und eine sich von den Seiten der LED und von dem Schalen-förmigen Reflektor reflektierte zweite räumliche Komponente, die ein ringförmiger Strahl (L2) ist und anscheinend von einer virtuellen Quelle (S2) hinter der LED ausgeht, umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass das einzelne optische Element im Wesentlichen aus einem ersten Teil (12) in der Form einer Brechungslinse mit einer ersten optischen Brechkraft und einem zweiten Teil (14) in der Form einer Beugungslinse mit einer zweiten optischen Brechkraft besteht, wobei der zweite Teil (14) um den Umfang des ersten Teils (12) herum angeordnet ist, und wobei die Anordnung derart ist, dass die Kombination die direkten und reflektierten Strahlen an einem gemeinsamen Brennpunkt oder in einer gemeinsamen Kollimation liefert.
2. Kombination nach Anspruch 1, wobei die LED eine Galliumnitrid-LED ist.
3. Kombination nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei das Licht von der LED an einem gemeinsamen Brennpunkt fokussiert wird, einschließlich einer optischen Faser (22), die angeordnet ist, um das fokussierte Licht an dem Fasereingang zu empfangen.
4. Optisches System, umfassend wenigstens zwei der Kombinationen, die im Anspruch 1 oder Anspruch 2 beansprucht werden, und wobei das Licht von jeder LED kollimiert ist, wobei ein Kombinierer (40) angeordnet ist, um die zwei kollinierten Strahlen zu kombinieren, wobei eine Ausgangslinse (10c) angeordnet ist, um den Kombiniererausgang auf einen gemeinsamen Brennpunkt zu fokussieren, und wobei die Emissionsintensität jeder LED durch eine einzelne Steuereinrichtung gesteuert wird, die die Ansteuerspannung oder den Strom der LED verändert, um eine gewünschte Lichtcharakteristik an dem gemeinsamen Brennpunkt zu erzeugen.

10-12-01

- 7 -

EP 1007993

1/2

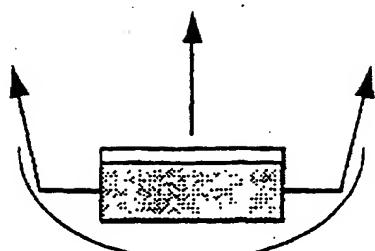


FIG. 1a

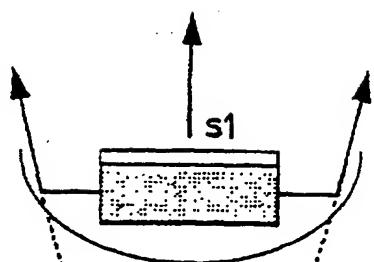


FIG. 1c

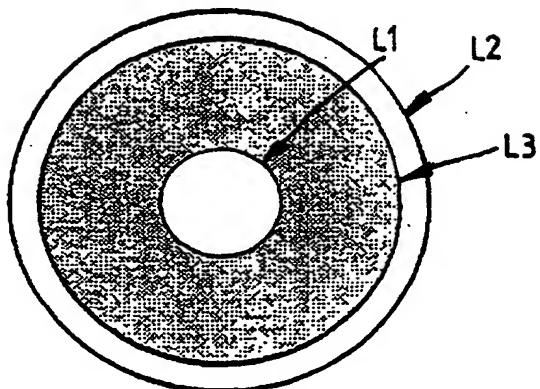


FIG. 1b

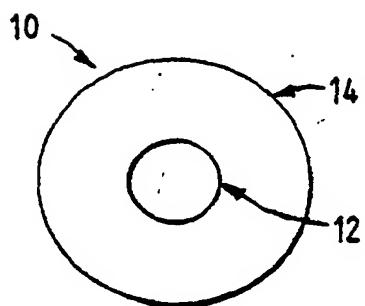


FIG. 2a

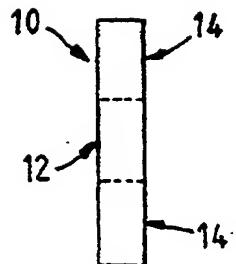


FIG. 2b

10.12.01

- 8 -

EP 1007993

2/2

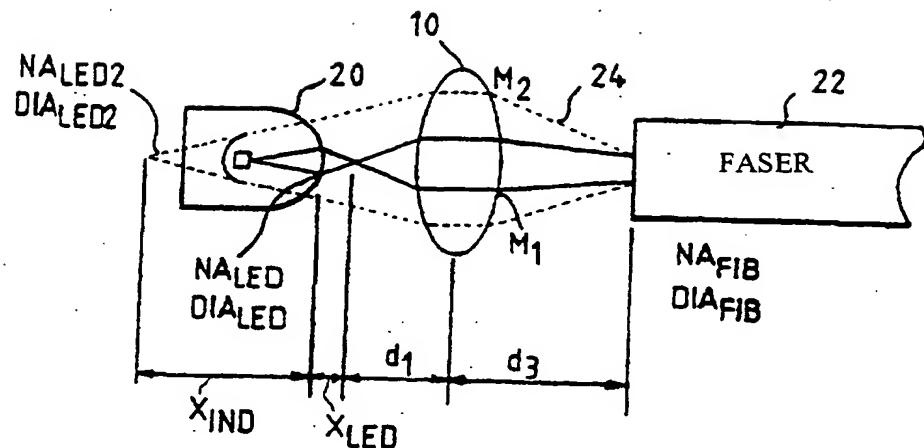


FIG. 3

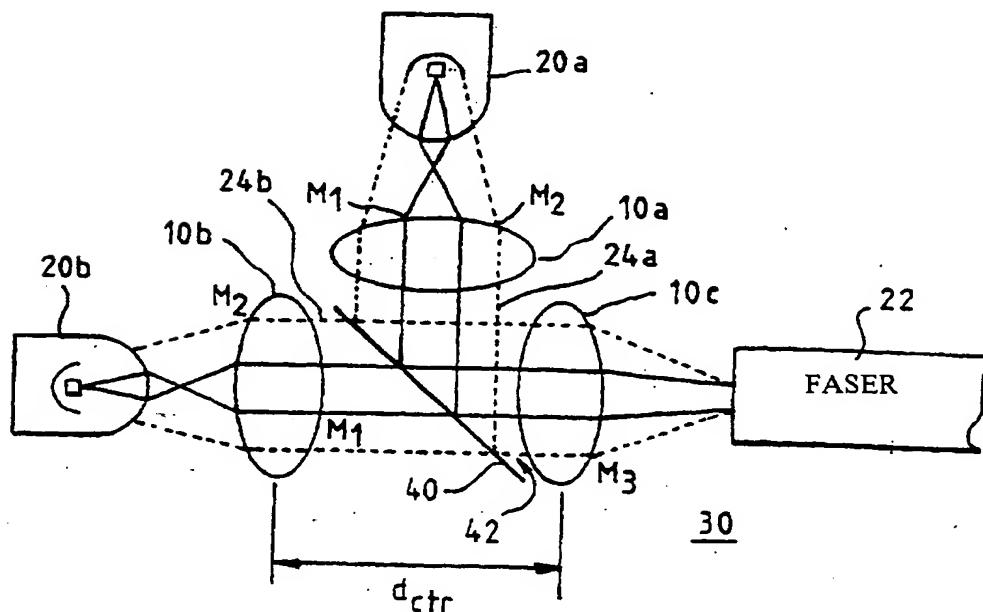


FIG. 4

DOCKET NO: AMB-02131-02
SERIAL NO: 10/728,384
APPLICANT: Ebbecke et al.
LERNER AND GREENBERG P.A.
P.O. BOX 2480
HOLLYWOOD, FLORIDA 33022
TEL. (354) 925-1100